（基于政策信息学的数字乡村发展研究专题研究论文之四）

数字乡村建设评价体系研究*

段尧清[1,2]　　易雨洁[2]

[1]（华中师范大学信息管理学院　武汉　430079）

[2]（湖北省数据治理与智能决策研究中心　武汉　430079）

摘要：

[目的] 以评促建，发现数字乡村建设过程中的现存问题、明确发展方向。

[方法] 通过 TF-IDF 算法提取《指南》关键词；运用数据包络分析方法结合 BCC 模型对全国 31 个省市自治区的数字乡村建设水平进行定量测度。

[结果] 22 个地区达到 DEA 有效，其数字乡村建设重点各有不同；9 个地区未达到 DEA 有效，其数字乡村建设投入和产出存在不合理性。

[局限] DEA 是一种非参数分析方法，评价的是相对效率；结论只能反应各省市特定年份的数字乡村建设水平。

[结论] 对标《指南》构建的评价指标体系可以对数字乡村建设水平进行合理评估。

关键词：数字乡村　政策文本　评价体系　DEA 法

分类号：G203

An Research on the Evaluation System of Digital Village Construction Based on the Perspective of Policy

Duan Yaoqing[1,2]　Yi Yujie[2]

[1](School Of Information Management,Central China Normal University, Wuhan 430079)

[2] (Center for Data Governance and Intelligent Decision of Hubei Province, Wuhan 430079)

Abstract:

[Objective] Promote construction through evaluation, find out the existing problems in the process of digital village construction and clarify the development direction.

[Methods] The key words of *The Guide* are extracted through TF-IDF algorithm; The data envelopment analysis method and BCC model are used to quantitatively measure the digital village construction level of 31 provinces, cities and autonomous regions in China.

[Results] 22 regions have achieved DEA effectiveness, and their digital village construction priorities are different; 9 regions have not reached DEA efficient, and their digital village construction input and output are unreasonable.

[Limitations] DEA is a nonparametric analysis method, which evaluates the relative efficiency; The conclusion can only reflect the level of digital village construction in specific years of each province.

* 本文系国家重点研发计划项目（项目编号：2019YFB1405600）的研究成果之一。

[Conclusions] The evaluation index system based on *The Guide* can reasonably evaluate the level of digital village construction.
Keywords: digital village policy text evaluation system DEA methods

1 引言

数字乡村既是乡村振兴的战略方向，也是建设数字中国的重要内容。《数字乡村发展战略纲要》中明确提出“数字乡村是伴随网络化、信息化和数字化在农业农村经济社会发展中的应用，以及农民现代信息技能的提高而内生的农业现代化发展和转型进程”。2021 年 7 月中共中央国务院发布的《数字乡村建设指南 1.0》（以下简称《指南》），提出了数字乡村建设的总体参考架构以及若干可参考的应用场景，供各地区推进数字乡村建设时借鉴使用。在政策指引下，各地积极谋划与布局，许多省市都已经出台数字乡村发展规划或建设意见，中国乡村的数字化转型之路已经开启。随着数字乡村建设进程的不断推进，迫切需要建立一套科学、全面、规范的数字乡村建设水平评价体系，帮助各地发现数字乡村建设过程中的不平衡、不高效、不全面等问题，以促进数字乡村进一步发展。

2 相关研究

近年来国内针对数字乡村建设评价指标体系构建方面的研究层出不穷，主要从以下两个方面进行了研究：一是针对不同的主体对数字乡村建设评价指标体系发展进行研究，如数字乡村发展创新驱动体系研究[1]；乡村振兴发展区域差异评价指标体系研究[2]；乡村数字经济评价指标体系研究[3]；数字乡村发展就绪度评价指标体系研究 [4]；农业信息化水平评价指标体系研究[5]；智慧乡村评价指标体系研究[6]；乡村生态振兴成效评价指标体系研究[7]等。二是运用不同的方法对数字乡村建设发展进行研究，如运用熵权 TOPSIS 法对乡村产业振兴发展指数的测度 [8]；运用时空极差熵值法对乡村振兴发展水平的测度，并对其地区差距与空间极化进行分析[9]；运用因子分析和 TOPSIS 法对乡村发展水平的测度[10]；运用综合指数测度模型对全国农村现代化水平指数的测度[11]；运用纵横向拉开档次法对乡村振兴动态发展水平的测度[12]等。

除了上述研究方法外，近几年数据包络分析方法被频繁使用于农业农村领域的研究中，比如利用超效率 DEA 模型进行效率测度并使用综合熵值法对各省份农业现代化发展进行评价[13]；通过构造三阶段超效率 SBM-DEA 模型对乡村环境污染治理效率进行评价并比较区域差异[14]；采用超效率 DEA 模型和 Malmquist 指数模型,分别从静态和动态角度测度乡村公共文化服务财政支出效率[15]；结合 DEA 模型测度西部数字普惠金融效率[16]等。

综合来看，近年来以数字乡村和乡村振兴评价指标体系构建为主题的研究较为丰富，研究方法也各有不同，但对标政策来对数字乡村建设水平进行评价的研究很少，多是基于各类政策文件从理论层面构建的评价指标体系，尚未出现基于《指南》这一政策来构建的评价体系，数据包络分析方法在农业农村领域的应用也不甚广泛。随着数字乡村建设的持续推进，以《指南》为政策指导建立一套全面、规范的数字乡村建设水平综合评价指标体系，相比依据其他政策文本来构建的评价体系而言，其方向性和规划性更强；运用数据包络分析方法对各省市自治区的数字乡村建设水平进行定量测度，以评促建，有助于发现现存问题、明确发展方向，为加快实现我国农业农村现代化全面升级提供理论支撑与实践指导。

3 研究设计

3.1 研究方法

数据包络分析（data envelopment analysis，DEA）是基于投入产出数据的相对有效性评价方法[17]。它是根据一组关于输入输出的观察值来估计有效生产前沿面（它是满足最优化条件的曲线，由决策单元输入输出数据包络面的有效部分构成）的一种非参数的统计分析方法，用于评价相同部门间的相对有效性（因此被称为 DEA 有效）[18]。与主成分分析方法和回归分析法相比，DEA 方法可以针对多投入多产出情况下决策单元相对有效性和规模效益等方面进行应用[19]。

从 DEA 方法的功能角度看，数字乡村建设水平的综合评价势必是多投入多产出的，且 DEA 方法在避免主观因素、简化算法、减少误差等方面具有很大的优势；从 DEA 方法的操作角度来看，只需要预先进行建模，对各决策单元做好标记，将收集的投入与产出数据输入模型，系统就可以直接得到评价结果。综合来看选用 DEA 方法对数字乡村建设水平进行评价是可行的。

3.2 指标提取

选取《指南》第二章到第八章的政策内容作为样本文本，对其进行规范、清洗后，进行分段与分词处理，将段落作为关键性政策文本识别的处理单元。采用 TF-IDF 算法提取政策文本关键词，再进行人工筛选和处理。由于通过 TF-IDF 算法提取出的关键词通常是比较零散的，将提取出的各部分关键词与《指南》各部分内容进行语义融合，以完善各指标所针对的评价内容。

根据《指南》中提出的要求，遵循科学性、全面性、指导性和可行性原则构建数字乡村建设水平评价指标体系。评价体系分为数字基建、数字经济、数字治理、数字惠民四个维度，包括 11 个一级指标，共 64 项指标。需明确的是，指标研究对象所指农村地区不仅包括行政村，也涉及以从事农业生产的人口为主体，或以户籍所在地为农村的人口为主体的街道、乡镇等。评价指标体系见表 1。

表 1 数字乡村评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	单位
数字基建-网络基础设施		行政村通宽带比例	%
		每百户农村家庭拥有移动电话数	台
		每百户农村家庭拥有家用计算机数	台
数字基建-信息服务基础设施		村庄建设投入	百亿元
		益农信息社数量	万个
		国家级农民合作社示范社数量	个
		农民电商合作社数量	个
数字基建-传统基础设施数字化升级	智慧水利设施	乡村办水电站数量	个
		村庄排水管道沟渠长度	公里
	智慧电力设施	农村发电量	万千瓦时
		农村用电量	亿千瓦时
	智慧交通设施	村庄硬化公路长度	公里
	农业生产设施	农村生产设备购置投资额	亿元

		涉农物联网小喇叭数量	百台
	智慧物流设施	农村邮政投递线路长度	公里
	种业数字化	主要农作物良种覆盖率	%
		智能农机装备数量	万台
		设施农业面积	万亩
	种植业数字化	农药使用量	吨
		农用化肥施用量	万吨
		农业产值	亿元
	林草数字化	乡村营林面积	千公顷
		林业产值	亿元
		乡村家庭农（牧）场数量	万个
数字经济-智慧农业	畜牧业数字化	畜禽粪污综合利用率	%
		牧业产值	亿元
		渔业养殖自动化设备数量	万台
	渔业渔政数字化	水产品养殖面积	千公顷
		渔业产值	亿元
	农产品加工智能化	农产品加工业产值与农业总产值之比	-
	农产品市场数字化监测	接入全国农业信息物联网的农副产品市场数	家
	农产品质量安全追溯管理	农产品质量安全监测合格率	%
		农产品网络零售 Top100 县域数	个
数字经济-乡村新业态	农村电子商务	农民电商合作社网络零售额占比	%
		涉农电商经营主体数	万家
	智慧乡村旅游	国家乡村旅游重点村数量	个
	农机数字化服务	农作物耕种收综合机械化率	%
数字经济-农业科技创新供给		农业机械总动力	万千瓦
	农业科技信息服务	国家现代农业科技示范基地数量	个
		农业科技进步贡献率	%
数字经济-农村普惠金融		农村居民人均可支配收入	元
		城乡居民基本养老保险参保人数	万人
		城乡居民基本医疗保险参与人数	万人
		农村生活垃圾治理率	%
数字环境-农村普惠金融	农村人居环境综合监测	农村生活污水治理率	%
		农村卫生厕所普及率	%
		农村供水普及率	%
	互联网+政务服务	涉农依法申请政务服务事项在线办理覆盖率	%
		村委会个数	个
数字环境-乡村数字治理	网上村务管理	应用信息技术实现行政村“三务”综合公开水平	%
		村镇建设管理人员	人
	社会治安综治	雪亮工程行政村覆盖率	%

数字惠民-乡村网络文化	农村网络文化阵地建设	乡镇综合文化站数量	个
		县级融媒体中心建成数量	个
	农村文物资源数字化建设	中国传统村落数字博物馆平台接入数量	个
数字惠民-信息惠民服务	互联网+教育	农村居民教育文娱支出占比	%
		农村普通小学专任教师数	人
		县市图书馆数量	个
		农村人均受教育年限	年
	互联网+医疗健康	农村居民医疗保健支出占比	%
		乡村卫生室数量	个
		乡村医生数量	人
	智慧养老	农村特困人员救助供养机构数量	个
		城乡居民基本养老保险实际领取待遇人数	万人

3.3 模型构建

目前学术界应用最为广泛成熟的也是最基本的两种 DEA 模型是 CCR 和 BCC 模型。其中 CCR 模型是满足地区规模收益固定的相对管理效率评价方法，它仅可算出决策单元的总体效率；而 BCC 模型，也称为 BC^2 模型，是满足地区规模收益可变的相对管理效率评价方法，不仅可以测算出决策单元的总体效率，还可计算出技术效率和规模效率[18]。选用对 CCR 模型进行改进后的得到的 BCC 模型来对各地区数字乡村建设水平进行评价。

假设有 n 个决策单元 $DMU_j(j=1,\cdots,n)$，每个决策单元都有 m 种类型输入和 s 种类型输出，用$x_{ij}\left(x_{ij}>0;\ i=1,\cdots,m\right)$代表第 j 个决策单元 DMU_j 第 i 种输入的投入量，用 $y_{rj}\left(y_{rj}>0;\ r=1,\cdots,s\right)$代表第 j 个决策单元 DMU_j 第 r 种输出的产出量，记 $X_j=\left(x_{1j},x_{2j},\cdots,x_{mj}\right)^T$，$Y_j=\left(y_{1j},y_{2j},\cdots,y_{sj}\right)^T$。引入非阿基米德无穷小量 ε、投入松弛变量 S^-和产出松弛变量 S^+ 后，带有剩余变量和松弛变量的 BCC 模型如公式 1 所示。

$$\min\left[\theta-\varepsilon\left(\hat{e}^T S^- + e^T S^+\right)\right]$$

$$\begin{cases}\sum_{j=1}^{n} X_j\lambda_j + S^- = \theta X_0\\ \sum_{j=1}^{n} Y_j\lambda_j - S^+ = Y_0\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j = 1, j=1,2,\cdots,n\\ \lambda_j\geq 0, S^-\geq 0, S^+\geq 0\end{cases}$$

公式 1

其中θ表示省市 j 的数字乡村建设综合效率，λ_j表示省市 j 的数字乡村建设投入和产出的组合权重，X_j表示省市 j 在一定时期内的数字乡村建设投入，Y_j表示省市 j 在同一时期内的建设产出，S^-表示建设投入冗余，S^+表示建设产出不足。

4 数字乡村建设水平的实证分析

4.1 数据来源与处理

样本数据选取全国 31 个省市自治区，除少量指标只能获取实时数据外，研究时点均为 2020 年；部分地区如西藏存在某些指标缺失的问题，采用均值替换法进行处理；少部分指标的数据难以获取，采用 2019 年的数据进行代替。由于 DEA 采用的是非随机方法，资料数值变动和要素选择对其评价结果比较敏感，在运用 DEA 分析时应尽量采用正式资料。所以数据来源均为公开出版或发布的统计资料，包括《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国城乡建设统计年鉴》《中国农村贫困监测报告》《全国县域农业农村信息化发展水平评价报告》以及政府部门官方网站、政府内部文件资料等。

在 DEA 模型中，不需要对决策单元进行量纲化处理和权重赋值，DEA 模型会根据输入数据求出最优解，但需要对数据进行标准化处理。因此需要事先将所有决策单元数据调整为数值型格式，确保数据没有出现空值、空格、0 、负数和任何标点符号，并使产出数据在左侧、投入数据在右侧。

4.2 评价指标赋权

当前较为普遍的确定指标权重的方法有灰色关联分析法、层次分析法、模糊综合评价法、熵值法等。其中熵值法具有客观赋权、人为干预少的特点，通过信息熵来确认指标权重，更能客观反映原始数据本身的信息[4]。采用熵值法来确定各项指标权重，指标变异程度越大，该指标提供的信息越多，其权重相应越高，反之亦然。熵值法具有高于层次分析法和专家经验评估法的可信度，适宜于对多元指标体系的综合评价，包括数据标准化处理、测算熵值、计算差异系数、计算权重等具体步骤。各一级指标与其权重最高的三级指标的权重如表 2 所示。

表 2 数字乡村评价体系中一级指标与其权重最高的三级指标的权重

一级指标	一级指标权重	权重最高的三级指标	三级指标权重
数字基建-网络基础设施	0.01626	每百户农村家庭拥有家用计算机数	0.00718
数字基建-信息服务基础设施	0.05779	村庄建设投入	0.01739
数字基建-传统基础设施数字化升级	0.21420	涉农物联网小喇叭数量	0.05899
数字经济-智慧农业	0.27600	设施农业面积	0.02830
数字经济-乡村新业态	0.08020	农产品网络零售 Top100 县域数	0.03675
数字经济-农业科技创新供给	0.03446	农业机械总动力	0.01586
数字经济-农村普惠金融	0.04109	城乡居民基本养老保险参保人数	0.01503

数字环境-智慧绿色乡村	0.03081	农村生活污水治理率	0.01396
数字环境-乡村数字治理	0.08469	应用信息技术实现行政村“三务”综合公开水平	0.02714
数字惠民-乡村网络文化	0.05842	中国传统村落数字博物馆平台接入数量	0.03147
数字惠民-信息惠民服务	0.10608	农村特困人员救助供养机构数量	0.01954

4.3 数据分析

在 DEA 模型中，根据效率比的原则，将越小越好的负向指标作为评价体系中的投入指标（记为 X），将越大越好的正向指标作为评价体系的产出指标（记为 Y）。在选取投入指标时，先选出各一级指标下权重最高的三级指标共 11 项，再按维度从中选取各维度中权重最高的 1 个三级指标作为投入指标，目的是为了对指标进行降维以满足 DEA 模型的应用条件。最终选定投入指标共 4 项，X1、X2、X3、X4 分别代表数字基建维度、数字经济维度、数字环境维度、数字惠民维度。

国家大力推进数字乡村建设，究其目的是为了让广大农村地区的人民都能过上幸福便利的生活，因此数字乡村建设不仅助力乡村致富和农村产业发展，实现当地就业、稳定增加收入，也更关注广大农村居民的精神富裕和乡村文化发展。因此在选取产出指标时，选择了农林牧渔业总产值指数 (以上年为 100，按可比价格计算)、乡村就业人员数、农村居民人均可支配收入、乡镇综合文化站数量、农业农村信息化水平，最终选定产出指标共 5 项。

DEA 应用有效的局限性为输入输出指标中指标个数与决策单元之间必须满足 $n \geq 2(m+s)$ (其中 n 为决策单元个数，m 为输入变量个数，s 为输出变量数目)的经验条件，当 $m * s$远大于 $m + s$时，还要同时满足条件 $n \geq 2m \times s$ [18]。最终选定的投入和产出指标也是满足上述应用条件的，具体指标如表 3 所示，各省、市、自治区的投入产出指标值如表 4 所示。

表 3 DEA 模型中数字乡村评价的投入与产出指标

投入指标	单位	产出指标	单位
X1 涉农物联网小喇叭数量	百台	Y1 农林牧渔业总产值指数	-
X2 农村电商合作社网络零售额占比*	%	Y2 乡村就业人员数	万人
X3 应用信息技术实现行政村“三务”综合公开水平	%	Y3 农村居民人均可支配收入	元
X4 中国传统村落数字博物馆平台接入数量	个	Y4 乡镇综合文化站数量	个
		Y5 农业农村信息化水平	%

注：*：因为 DEA 模型要求输入数据不能出现 0，X2 选择该一级指标下权重第二高的三级指标（权重为 0.02869）。

表 4 各省、市、自治区的投入产出指标值

决策单元	投入指标				产出指标				
	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
北京	4.84	0.015	0.71	10	93.3	146	30125.7	181	0.410
天津	4.26	0.004	0.71	1	101.4	109	25690.6	129	0.405
河北	29.48	0.010	0.71	8	103.5	1572	16467.0	1990	0.410
山西	27.60	0.008	0.78	54	105.8	736	13878.0	1194	0.408
内蒙古	38.28	0.024	0.91	3	101.8	458	16566.9	872	0.341
辽宁	135.41	0.019	0.71	3	103.0	750	17450.3	928	0.410
吉林	1.53	0.045	0.78	2	101.8	533	16067.0	623	0.408
黑龙江	2.94	0.020	0.71	1	102.6	550	16168.4	896	0.408
上海	0.24	0.009	1.00	1	93.0	172	34911.3	107	0.550
江苏	5.11	0.065	0.99	1	102.0	1412	24198.5	841	0.565
浙江	4.71	0.065	1.00	34	101.7	1102	31930.5	941	0.667
安徽	0.72	0.195	0.97	72	102.7	1452	16620.2	1278	0.490
福建	0.54	0.018	0.71	16	103.3	727	20880.3	955	0.408
江西	1.12	0.007	0.88	7	102.7	968	16980.8	1594	0.437
山东	349.96	0.141	0.71	10	103.0	2164	18753.2	1207	0.395
河南	22.22	0.077	0.78	37	102.7	2293	16107.9	1894	0.379
湖北	12.42	0.008	0.78	22	100.7	1389	16305.9	1030	0.420
湖南	0.16	0.018	0.97	25	104.1	1409	16584.6	1896	0.445
广东	1.83	0.082	0.71	11	104.0	1621	20143.4	1169	0.410
广西	0.23	0.020	0.68	12	105.0	1219	14814.9	1127	0.341
海南	0.35	0.007	0.71	1	102.4	223	16278.8	198	0.410
重庆	0.37	0.003	0.95	4	105.0	576	16361.4	813	0.433
四川	1.91	0.024	0.68	4	105.6	2256	15929.1	3708	0.383
贵州	0.53	0.004	0.68	28	106.5	915	11642.3	1369	0.341
云南	1.68	0.028	0.68	47	105.8	1514	12841.9	1297	0.341
西藏	0.05	0.033	0.68	3	108.2	120	14598.4	689	0.341
陕西	246.64	0.022	0.68	6	103.5	870	13316.5	1168	0.341
甘肃	10.02	0.013	0.90	5	105.2	713	10344.3	1227	0.341
青海	1.48	0.005	0.68	2	104.7	109	12342.5	361	0.341
宁夏	2.47	0.012	0.87	1	103.6	124	13889.4	200	0.380
新疆	3.24	0.003	0.68	1	104.7	591	14056.1	943	0.341

4.4 运算结果与分析

运用 DEAP2.1 软件，结合评价 DEA 技术有效性和规模有效性的 BCC 模型（均为投入导向性）对数字乡村建设效率进行计算。

（1）基本评价

技术效率反映在给定投入的情况下各决策单元获取最大产出的能力；规模效率则反映了各决策单元是否在最合适的投资规模下进行经营；松弛变量是指每个处于松弛状态的决策单元的潜在价值量，用来分析决策单元的冗杂情况。各省市区数字乡村建设效率如表 5 所示。

① 22 个省市达到 DEA 有效。从表 5 可以看出，北京、天津、河北、辽宁、黑龙江、上海、江苏、浙江、福建、江西、山东、湖北、湖南、广东、广西、海

南、重庆、四川、贵州、西藏、青海、新疆共计 22 个省市区的纯技术效率与规模效率均为 1，满足技术有效性和规模有效性，同时其正负松弛变量均为 0，代表这 22 个地区的数字乡村建设水平为 DEA 有效，占全部决策单元数的 71%。相比于其他决策单元，这 22 个地区已位于其有效生产前沿面上, 既没有投入冗余也没有产出不足,当前的配置效率是最高的；技术效率为 1，规模报酬不变，意味着其数字乡村建设投入产出相对平衡，投入利用得当，达到了相对有效的稳定结果。

② 达到 DEA 有效的 22 个省市的数字乡村建设重点各有不同。对比达到 DEA 有效的 22 个省市的各项投入产出数据，可以发现：①北京、天津、上海这 3 个直辖市除 Y3、Y5 之外的各项投入产出值均低于平均水平，但除 X1、Y2、Y4 外由于地域限制外，其他指标值与平均值相差不大，侧面反应其数字乡村前期建设效果较好，特别是数字基建和数字经济维度，所以即便现在的投入比其他省市少，总体仍能达到相对稳定；今后应继续在数字基建和数字经济维度起带头作用，并落实数字治理和数字惠民维度的建设。②河北、辽宁、黑龙江、江苏、浙江、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、海南、重庆这 13 个省市除个别指标外，大部分指标值比较接近且与平均值相差不大，表明其数字乡村建设各方面相辅相成，虽然存在部分方面欠缺的问题但其他方面可起到互补作用；今后可以适当加大数字乡村建设各维度投入以期获得更好的产出，并最终落实到数字惠民维度上来。③贵州、西藏、青海、新疆这 4 个省市的数字基建、数字经济和数字惠民维度的相关指标值与平均值相差较大，侧面反应其数字乡村建设效率较高，各方面投入得到了较好的利用；今后的数字乡村建设重点还是在数字基建和数字经济维度上，应加大数字基建和数字经济维度的投入以获得更高的产出，为数字治理和数字惠民维度的建设提供良好基础。

③ 9 个省市为 DEA 无效。山西、内蒙古、吉林、安徽、河南、云南、陕西、甘肃、宁夏共计 9 个省市区的技术效率低于 1，代表这 9 个地区的数字乡村建设水平为 DEA 无效，占全部决策单元的 29%。相比于其他决策单元，这 9 个地区的数字乡村建设投入存在不合理的情况，还需要进一步改进。①内蒙古、吉林、甘肃这 3 个省市的纯技术效率小于 1，说明这 3 个省市的数字乡村建设投入为非技术有效。但吉林的纯技术效率高于 0.8，说明其投入产出虽然没达到最大效益，但经过小幅度改进，应该能在短期内实现技术有效。②内蒙古、吉林、云南、陕西、甘肃、宁夏这 6 个省市的规模收益递增, 此时增加投入将有更高比例的产出，说明这 6 个省市的数字乡村建设水平存在较大的增长空间；今后应增大数字乡村建设各维度投入以期获得更好的产出。③山西、安徽、河南这 3 个省市的规模收益递减, 此时增加投入不可能带来更高比例的产出, 投入规模的增量只能得到相对较小的产出规模效益；今后应保持或适当减少各方面投入，数字乡村建设重点要放在提高产出转化效率上，使各方面投入得到良好利用。

对比表 4 和表 5 可以发现，数字乡村建设水平的高低与其投入的高低没有必然的因果联系，投入越多并不代表其效率越高，比如西藏、青海的投入都未达到 31 个省市自治区的平均投入水平，但都达到了 DEA 有效。

表 5 各省、市、自治区的数字乡村建设效率

决策单元	技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬	投入松弛变量	产出松弛变量
北京	1	1	1	-	0	0

天津	1	1	1	-	0	0
河北	1	1	1	-	0	0
山西	0.926	1	0.926	drs	0	0
内蒙古	0.728	0.752	0.968	irs	非 0	非 0
辽宁	1	1	1	-	0	0
吉林	0.906	0.907	0.998	irs	非 0	非 0
黑龙江	1	1	1	-	0	0
上海	1	1	1	-	0	0
江苏	1	1	1	-	0	0
浙江	1	1	1	-	0	0
安徽	0.938	1	0.938	drs	0	0
福建	1	1	1	-	0	0
江西	1	1	1	-	0	0
山东	1	1	1	-	0	0
河南	0.886	1	0.886	drs	0	0
湖北	1	1	1	-	0	0
湖南	1	1	1	-	0	0
广东	1	1	1	-	0	0
广西	1	1	1	-	0	0
海南	1	1	1	-	0	0
重庆	1	1	1	-	0	0
四川	1	1	1	-	0	0
贵州	1	1	1	-	0	0
云南	0.994	1	0.994	irs	非 0	非 0
西藏	1	1	1	-	0	0
陕西	0.97	1	0.97	irs	非 0	非 0
甘肃	0.754	0.756	0.997	irs	非 0	非 0
青海	1	1	1	-	0	0
宁夏	0.998	1	0.998	irs	非 0	非 0
新疆	1	1	1	-	0	0

注： drs 表示规模报酬递减，-表示规模报酬不变，irs 表示规模报酬递增。

（2）松弛变量分析

非 DEA 有效的原因在于，在现有的投入水平下，其产出不足；或者说在现有的产出量下，其投入量过大。非 DEA 有效的地区存在的问题可以通过松弛变量进行分析。根据 DEA 理论，投入指标的松弛变量不为零时，表明其所对应的投入要素对数字乡村建设的作用未能得到充分发挥。由运算结果可知，达到 DEA 有效的地区投入指标松弛变量均为 0，即不存在投入冗余情况，说明其投入要素得到了较高效率的利用。而非 DEA 有效的地区，从表 6 可以看出，第 1 个投入指标的冗余最多，其次为第 4 个，再次为第 2 个，最后为第 3 个。说明各地区数字乡村建设水平的参差主要表现在数字基建和数字惠民维度的投入，数字经济维度的建设投入也相差较大，而大部分地区的数字环境维度的建设投入得到了正常利用。

产出方面，当产出指标的松弛变量不为 0 时，表明其所对应的产出要素存在

总量偏低的现象。从表 7 可以看出，内蒙古、吉林和陕西 3 个省市自治区存在农林牧渔业总产值指数不足的情况；内蒙古、甘肃、宁夏 3 个省市自治区存在乡村就业人员数不足的情况；吉林、云南、陕西、甘肃、宁夏 5 个省市自治区存在农村居民人均可支配收入不足的情况；内蒙古、吉林、云南、陕西、甘肃 5 个省市自治区存在乡镇综合文化站数量不足的情况；内蒙古、云南、陕西、甘肃 4 个省市自治区存在农业农村信息化水平偏低的情况。说明各地区的产出不足主要表现在数字经济和数字惠民维度，在投入一定的情况下，乡村数字经济和数字惠民的建设水平可以达到更高的水准。

从表 6 和表 7 可以发现，非 DEA 有效的 9 个地区中，山西、安徽、河南这 3 个地区的投入和产出的冗余值均为 0，但其数字乡村建设水平却不在最优解内。这是因为只要一个决策单元的纯技术效率为 1，该决策单元的冗余情况均为 0。若想在纯技术效率等于 1 、规模效率不等于 1 的情况下改变一个决策单元的 DEA 有效性，需通过改变该决策单元的规模大小来实现，此次研究不对其进行深究。

通过松弛变量分析，非 DEA 有效地区一方面存在投入浪费现象，另一方面又存在利用不足的情况。形成这种局面的原因每个地区都不同，各地可依据松弛变量制定减少投入浪费或提高产出的措施。以陕西省为例，在投入数量方面，与理想的最小投入相比，其投入数量存在冗余：数字基建、数字经济和数字惠民维度的投入指标表现为过剩；在产出数量方面，对现有的投入数量而言，虽然已经达到了最大值，但是与理想的最小投入量相比，当前的产出与理想最大产出之间仍存在差距，农林牧渔总产值指数、农村居民人居可支配收入、乡镇综合文化站数、农业农村信息化水平均表现为产出不足。因此，如果就当前发展而言，要使陕西省的数字乡村建设水平同时实现技术有效和规模有效，必须在保持现有投入配置的基础上，对投入和产出数量分别进行调整。

表 6 非 DEA 有效的地区投入指标的松弛变量取值

地区	S_1^-	S_2^-	S_3^-	S_4^-
山西	0	0	0	0
内蒙古	25.958	0.006	0	0
吉林	0	0.031	0	0
安徽	0	0	0	0
河南	0	0	0	0
云南	0.679	0.011	0	33.206
陕西	243.648	0.016	0	4.231
甘肃	4.899	0.002	0	0.768
宁夏	0.391	0.005	0.164	0

表 7 非 DEA 有效的地区产出指标的松弛变量取值

地区	S_1^+	S_2^+	S_3^+	S_4^+	S_5^+
山西	0	0	0	0	0
内蒙古	2.787	758.8	0	1108.229	0.027
吉林	1.045	0	279.879	84.036	0
安徽	0	0	0	0	0
河南	0	0	0	0	0

云南	0	0	1383.642	939.476	0.017
陕西	1.367	0	1025.406	237.193	0.007
甘肃	0	25.003	3813.727	0	0.004
宁夏	0	343.573	1545.806	419.111	0

5 结论

5.1 结论与建议

本文以《指南》为指导建立数字乡村建设水平综合评价指标体系，该指标体系分为数字基建、数字经济、数字环境、数字惠民四个维度，包含 11 个一级指标，共 64 项指标。运用数据包络分析方法结合 BCC 模型对我国 31 个省市自治区的数字乡村建设水平进行了效率评估，从定量的角度对数字乡村建设水平进行了评价并得出以下结论：

（1）达到 DEA 有效的 22 个省市的数字乡村建设重点各有不同。①北京、天津、上海这 3 个地区属于政府权力直达的直辖市，在各方面建设发展过程中起带头示范作用，因此对数字乡村投入的整体规划和执行更有力，能达到各维度的投入产出效率都比较高的效果，尤其是数字经济维度；相比之下数字惠民维度的建设有待加强。②河北、辽宁、黑龙江、江苏、浙江、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、海南、重庆这 13 个省市属于非偏远地区，各方面建设发展水平稳定，政策响应执行速度较快，因此在数字乡村建设过程中各维度能相辅相成，即使存在部分方面欠缺的问题但其他方面可起到互补作用。③贵州、西藏、青海、新疆这 4 个省市属于偏远地区，各方面建设发展水平相对落后，但国家一直大力推进偏远地区的建设发展，政策响应及时，因此虽然其在数字基建、数字经济和数字惠民维度的投入均低于平均值，但数字乡村建设效率较高，各方面投入能得到较好的利用。

（2）非 DEA 有效的 9 个省市的数字乡村建设水平有待提高。①内蒙古、吉林、云南、陕西、甘肃、宁夏这 6 个省市的规模效益递增, 此时增加投入将有更高比例的产出，说明这 6 个省市的数字乡村建设水平存在较大的增长空间，其投入产出虽然没达到最大效益，但经过小幅度改进，应该能在短期内实现技术有效。②山西、安徽、河南这 3 个省市的规模效益递减, 此时增加投入不可能带来更高比例的产出, 投入规模的增量只能得到相对较小的产出规模效益。

基于以上结论提出以下针对性建议：

（1）数字乡村建设规划。①北京、天津、上海这 3 个直辖市建设水平较高，今后应继续起带头示范作用，在保持数字基建和数字经济维度现有投入水平的基础上，适度加大数字治理和数字惠民维度的建设投入；②河北、辽宁、黑龙江、江苏、浙江、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、海南、重庆这 13 个非偏远地区建设水平稳定，今后应力求达到更高的建设水平，适度加大数字乡村建设各维度投入以期获得更好的产出；③贵州、西藏、青海、新疆这 4 个偏远地区建设水平相比而言较低，今后应适度加大数字基建和数字经济维度的投入以获得更高的产出，为数字治理和数字惠民维度的建设提供良好基础；④内蒙古、吉林、云南、陕西、甘肃、宁夏这 6 个地区，在保持现有投入水平的基础上，内蒙古、吉林应加大数字基建和数字经济维度的投入，云南、陕西、甘肃应加大数字基建、数字经济和数字惠民维度的投入，宁夏应加大数字基建、数字经济和数字治理维

度的投入；⑤山西、安徽、河南这 3 个地区，今后应避免出现投入过剩的情况，适当降低投入，保证各方面投入得到良好利用。

（2）建设规划的执行。①达到 DEA 有效的地区，建设落脚点是提高投入产出转化效率，查漏补缺，进一步探索如何以较低的投入获得较高的产出；②非 DEA 有效的地区，建设落脚点是平衡各维度投入产出，解决现存问题，尽快使数字乡村建设水平达到 DEA 有效。③各地区数字治理和数字惠民维度的建设都有待加强，各地区要因地制宜，循序渐进，及时反馈农村居民的有关建议诉求，数字乡村建设的最终落脚点是提升农村居民日常生活的幸福感和满足感。

以《指南》为政策指导建立数字乡村建设水平综合评价指标体系，通过定量测度的方式以评促建，目的是为了助力各地区发现现存问题并提出针对性的解决方案，进一步推进数字乡村建设发展，为加快实现我国农业农村现代化全面升级添砖加瓦。

5.2 研究展望

研究层次方面，我国广大农村地区自然条件差异大、发展水平不一、优势特点各不相同，相应的评价指标体系也不应一概而论。研究方法方面，DEA 的评价是相对效率，对于同等水平或者水平都较低的情况无法区分，而且 DEA 是一种非参数分析方法，所使用的各输入、输出变量之间可能存在非线性关系，从而影响分析结果。研究内容方面，此次实证研究仅在省级尺度展开，且是对截面数据进行的横向比较，因此结论只能反应各省市特定年份的数字乡村建设水平。

今后的研究还需要结合考核或者评价对象的发展需求、阶段和目标等，因地制宜围绕一、二级指标框架进行后续指标的适度调整和取舍，形成更契合实际的数字乡村评价指标体系，并对 DEA 模型进行优化，同时结合其他评价方法，拓展研究尺度并利用多年数据进行纵向分析，以期得到更加全面、深入的评价结果。

参考文献：

[1] 宋常迎,郑少锋,于重阳. “十四五”时期数字乡村发展的创新驱动体系建设[J]. 科学管理研究,2021,39(03):100-107.

[2] 芦风英,庞智强,邓光耀. 中国乡村振兴发展的区域差异测度及形成机理[J]. 经济问题探索,2022,(04):19-36.

[3] 崔凯,冯献. 数字乡村建设视角下乡村数字经济指标体系设计研究[J]. 农业现代化研究,2020,41(6):899-909.

[4] 张鸿,杜凯文,靳兵艳. 乡村振兴战略下数字乡村发展就绪度评价研究[J]. 西安财经大学学报,2020,33(01):51-60.

[5] 沈剑波,王应宽. 中国农业信息化水平评价指标体系研究[J]. 农业工程学报, 2019,35(24):162-172.

[6] 常倩,李瑾. 乡村振兴背景下智慧乡村的实践与评价[J]. 华南农业大学学报(社会科学版),2019,18(03):11-21.

[7] 马晓旭,华宇佳. 乡村生态振兴成效评价指标体系构建研究——基于江苏省、浙江省、安徽省的对比[J]. 中国农业资源与区划,2021,42(01):60-67.

[8] 申云,陈慧,陈晓娟,等. 乡村产业振兴评价指标体系构建与实证分析[J]. 世界农业,2020,(02):59-69.

[9] 吕承超,崔悦. 乡村振兴发展:指标评价体系、地区差距与空间极化[J]. 农业经济问题,2021,(05):20-32.

[10] 陈俊梁,史欢欢,林影,等. 长三角一体化背景下乡村振兴差异化策略[J]. 华东经济管理,2021,35(09):21-30.

[11] 钱佰慧,陈思霖,徐洋,等. 农村现代化水平评价指标体系构建与测度分析[J]. 农业经济与管理,2021,(06):39-49.

[12] 芦风英,邓光耀. 中国省域乡村振兴水平的动态比较和区域差异研究[J]. 中国农业资源与区划:1-10.

[13] 田野,黄进,安敏. 乡村振兴战略下农业现代化发展效率评价——基于超效率 DEA 与综合熵值法的联合分析[J]. 农业经济问题,2021,(03):100-113.
[14] 温婷,罗良清. 中国乡村环境污染治理效率及其区域差异——基于三阶段超效率 SBM-DEA 模型的实证检验[J]. 江西财经大学学报,2021,(03):79-90.
[15] 姚维保,李志聪,林琳. 乡村振兴视角下公共文化服务财政支出效率测度及影响因素——来自省级面板数据的实证分析[J]. 图书与情报,2021,(03):135-144.
[16] 任海军,王艺璇. 乡村振兴战略下的西部数字普惠金融效率测度及影响因素研究[J]. 兰州大学学报(社会科学版),2021,49(05):40-48.
[17] 刘健,毕强,李瑞. 微博舆情信息传播效果评价指标体系构建研究—基于模糊数据包络分析法[J]. 情报理论与实践,2016,39(12):31-38.
[18] 崔静,黄水清,周建农,等.基于 DEA 方法的我国农村信息资源配置效率评价研究[J].图书情报工作,2012,56(18):60-64.
[19] USMAN A, LI QuanLin, MUHMMAD Abdullah A, et al.Nexus between agro-ecological efficiency and carbon emission transfer:evidence from China[J/OL]. Environmental Science and Pollution Research, 2020:[2020-06-04]. https://doi.org/10.1007/s11356-020-09614-2.

(通讯作者：易雨洁 E-mail:1425551237@qq.com)

作者贡献声明：

段尧清：提出研究思路，设计研究框架；

易雨洁：采集、分析数据，论文起草，论文最终版本修订。